

THÈSE
POUR LE
DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PRÉSENTÉE PAR

Félix-Georges DEGAND

Né le 3 septembre 1909, à Valenciennes (Nord)

Ancien Externe des Hôpitaux de Paris

Ancien Interne de Saint-Lazare

Etude expérimentale
de l'action
des rayons infra-rouges
sur les lésions cutanées produites
par les Rayons X

Président : M. STROHL, Professeur

— PARIS —

Librairie LOUIS ARNETTE

2, rue Casimir-Delavigne

1941

ANNÉE 1941

N°

THÈSE
POUR LE
DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PRÉSENTÉE PAR

Félix-Georges DEGAND

Né le 3 septembre 1909, à Valenciennes (Nord)

Ancien Externe des Hôpitaux de Paris

Ancien Interne de Saint-Lazare

**Etude expérimentale
de l'action
des rayons infra-rouges
sur les lésions cutanées produites
par les Rayons X**

Président : M. STROHL, Professeur

PARIS

Librairie LOUIS ARNETTE
2, rue Casimir-Delavigne

1941

I. — PROFESSEURS

MM.

Anatomie	ROUVIÈRE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	POLONOVSKI.
Bactériologie	Robert DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutiques générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	PASTEUR-VALLÉRY- RADOT.
Pathologie chirurgicale	MONDOR.
Anatomie pathologique	LEROUX.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	AUBERTIN.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LÉVY-VALENSI.
Pathologie expérimentale et comparée	Henri BÉNARD.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY.
Clinique Médicale	ABRAMI.
	FIESSINGER.
	LOEPER.
	RATHERY.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	LAIGNEL-LAVASTINE
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNÉO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GRÉGOIRE.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	VELTER.
Clinique urologique	CHEVASSU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	JEANNIN.
	LÉVY-SOLAL.
Clinique gynécologique	MOCQUOT
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	HARVIER.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	Maurice VILLARET.
Clinique de la tuberculose	TROISIER.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
Clinique de cardiologie	LAUBRY.
Clinique de neuro-chirurgie	Clovis VINCENT.
Assistance médico-sociale	N...
	HAZARD
Professeurs sans chaire	MULON.
	OLIVIER.
	SANNIÉ.
	VERNE.

II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.

AMELINE	Pathologie chirurgicale.
BARIÉTY	Pathologie médicale.
BERNARD (E.).	Pathologie médicale.
BEZANÇON (J.).	Hydrologie.
BONNET	Bactériologie.
BOULANGER .	Chimie.
BOULIN	Pathologie médicale.
BROUET	Pathologie médicale.
BULLIARD . . .	Histologie.
..... CACHERA	Pathologie médicale.
CORDIER	Anatomie.
COSTE	Pathologie médicale.
COUVELAIRE (Roger)	Urologie.
DELARUE	Anatomie pathologique.
DELAY	Pathologie médicale.
DEGREZ (H.).	Physique.
DESAILLE . . .	Médecine légale.
DIGONNET . . .	Obstétrique.
DOGNON	Physique.
FEVRE.....	Pathologie chirurgicale.
FUNCK-BREN- TANO.....	Pathologie chirurgicale.
GALLIARD . . .	Parasitologie.
GARCIN	Pathologie médicale.
M ^{me} GAUTHIER- VILLARS	Anatomie pathologique.
N...	Physiologie.
DE GENNES . .	Pathologie médicale.

MM.

GIROUD	Histologie.
HAGUENAU . .	Pathologie médicale.
HALPHEN	Oto-rhino-laryngologie.
JOANNON	Hygiène.
LACOMME	Obstétrique.
LANTUÉJOUL..	Obstétrique.
LAVIER	Parasitologie.
LELONG	Pathologie médicale.
LEMAIRE	Pathologie expérimentale.
LENÈGRE	Pathologie médicale.
M ^{me} J. LÉVY..	Pharmacologie.
MARCHAL	Pathologie médicale.
MÉNÉGAUX . . .	Pathologie chirurgicale.
MOLLARET . . .	Pathologie médicale.
MOUQUIN	Pathologie médicale.
PATEL	Pathologie chirurgicale.
PETIT-DUTAIL- LIS	Pathologie chirurgicale.
RENARD	Ophthalmologie.
RICHET	Physiologie.
SÈNEQUE	Pathologie chirurgicale.
SICARD	Pathologie chirurgicale.
SOULIE	Pathologie médicale.
SUREAU	Obstétrique.
TURPIN	Pathologie médicale.
WILMOTH	Pathologie chirurgicale.

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.

ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.
BUSQUET	Pharmacologie.
CHAILLEY- BERT	Physiologie.
GUÉNIOT	Obstétrique.
HEITZ-BOYER.	Pathologie chirurgicale.
HUGUENIN....	Anatomie pathologique.

MM.

	Pathologie chirurgicale.
LE LORIER . . .	Obstétrique.
NEVEU- LEMAIRE	Parasitologie.
PIEDELIEVRE.	Médecine légale.
VAUDESCAL . .	Obstétrique.

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

MM.		MM.	
ALAJOUANINE.	Clinique médicale.	BASSET.	Clinique chirurgicale.
BRULÉ.		BROCQ.	
CATHALA		CADENAT.	
CHABROL.		GATELLIER.	
CHEVALLIER		DE GAUDART	
ONZELOT.		D'ALLAINES.	
DUVOIR.		FEY.	
GASTINEL		LEVEUF.	
LAROCHE (G.).		MOULONGUET.	
MOREAU		MOURE.	
LIAN.		QUÉNU.	
SÉZARY.			
	MM.		
	ECALLE.	Clinique obstétricale.	
	METZGER.		
	PORTES.		
	VIGNES.		

V. — CHARGES DE COURS

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé.	Education physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
N... ..	Stomatologie.
WEIL-HALLÉ	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MEMOIRE
DE MA SŒUR JEANNE

A MON PERE ET A MA MERE

*Faible témoignage de ma reconnaissance et
de mon profond amour filial.*

A MA SŒUR MARCELLE

Avec toute mon affection.

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR STROHL

*Professeur de physique médicale
à la Faculté de Médecine*

Membre de l'Académie de Médecine

Chevalier de la Légion d'Honneur

*Qui a bien voulu nous permettre de travailler
dans son laboratoire et nous a fait l'honneur
d'accepter la présidence de cette thèse.*

*En témoignage de notre vive gratitude et de
notre profond respect.*

A MONSIEUR LE DOCTEUR H. DESGREZ
*Professeur agrégé de physique médicale
à la Faculté de Médecine
Electro-radiologiste des Hôpitaux*

*Qui nous a suggéré ce travail et guidé de
ses conseils.*

*Qu'il veuille bien trouver ici nos plus vifs
remerciements et l'expression de notre très sin-
cère reconnaissance.*

A MONSIEUR LE DOCTEUR G. RONNEAUX

Electro-radiologiste des Hôpitaux

*Qui nous a prodigué avec bienveillance
l'enseignement de la radiologie.*

*En témoignage de notre respect et de notre
attachement.*

A MONSIEUR LE DOCTEUR A. DARIAUX

Electro-radiologiste des Hôpitaux

Chevalier de la Légion d'Honneur

*En témoignage de notre gratitude et de notre
dévouement.*

A MONSIEUR LE DOCTEUR P. FERNET

Médecin de Saint-Lazare
Chevalier de la Légion d'Honneur

*En témoignage de notre respect et de notre
reconnaissance.*

A MES MAÎTRES DES HOPITAUX DE PARIS

STAGE ET EXTERNAT

MONSIEUR LE PROFESSEUR SERGENT

MONSIEUR LE PROFESSEUR P. DUVAL

(in memoriam)

MONSIEUR LE PROFESSEUR GOSSET

MONSIEUR LE DOCTEUR RAMOND

MONSIEUR LE DOCTEUR AUBRY

MONSIEUR LE DOCTEUR HUET

MONSIEUR LE PROFESSEUR LÉON BERNARD

(in memoriam)

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHIRAY

MONSIEUR LE PROFESSEUR GUILLAIN

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ M. METZGER

MONSIEUR LE DOCTEUR RONNEAUX

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ H. DESGREZ

A MONSIEUR LE DOCTEUR DELAPCHIER
Electro-radiologiste des Hôpitaux

A MONSIEUR LE DOCTEUR BOULLAND
Radiologiste de l'Hôpital Saint-Joseph

A MESSIEURS LES MEDECINS DE SAINT-LAZARE

A MESSIEURS LES ASSISTANTS
DE SAINT-LAZARE

A MESSIEURS LES MEDECINS
DU DISPENSAIRE TOUSSAINT-BARTHELEMY

INTRODUCTION

Les radiations occupent chaque jour une place plus importante en thérapeutique.

Au point de vue physique, une large bande du spectre est maintenant utilisée depuis les ondes hertziennes courtes jusqu'aux rayons γ du radium.

Au point de vue clinique, un nombre considérable d'affections bénéficient de ces traitements.

L'action des diverses radiations sur la cellule vivante est variable suivant leur longueur d'onde : elle dépend avant tout des phénomènes engendrés par leur absorption, L'absorption d'une radiation par les tissus se traduit par une transformation d'énergie qui s'effectue par quantité finie ou « quantum » qui dépend de la longueur d'onde de la radiation considérée : la quantité d'énergie quantique est d'autant plus grande que la longueur d'onde de la radiation est plus petite.

Il est donc évident que les modifications de la structure cellulaire seront fonction de la longueur d'onde du rayonnement absorbé; mais d'autre part, la production du rayonnement secondaire de longueur d'onde différente du rayonnement incident rendra plus complexe ce mécanisme schématique.

En première approximation, nous pouvons cependant distinguer dans le spectre des radiations deux grandes classes :

— les radiations dont la longueur d'onde va de plusieurs mètres à $0,1 \mu$ qui libèrent par absorption des quanta d'énergie faible qui modifient peu la structure chimique des substances cellulaires ;

— les radiations dont la longueur est inférieure à $0,1 \mu$ qui libèrent par absorption des quanta suffisants pour modifier la structure atomique des constituants de la cellule, modifications qui peuvent déterminer la mort de la cellule.

Nous rappellerons ici, en partie, les expériences faites par LACASSAGNE et HOLWECK. Ces auteurs, partant de l'hypothèse de l'absorption discontinue de l'énergie, par quanta de la radiation incidente, étudient les radiolésions cellulaires en fonction de la dose reçue. Leurs expériences ont été faites sur des levures et des infusoires, ensemencés sur gélose nutritive, irradiés par des rayons X mous monochromatiques. Ils observent ensuite l'évolution de ces cellules et constatent plusieurs types de lésions dont la proportion respective varie avec la dose,

Quand un rayonnement X est absorbé, il y a émission d'un électron qui parcourt un certain trajet parsemé d'ions. « On doit admettre que l'effet sur la matière vivante ne s'étend guère au delà de la trajectoire de l'électron, jalonnée par la production d'un certain nombre d'ions, qui sont, eux, les agents de la désintégration protoplasmique. »

Les divers constituants cellulaires occupent des volumes différents, la majeure partie étant constituée par le cytoplasma. Ces auteurs ont montré que chacun de ces constituants pouvait être assimilé à une « zone sensible » dans laquelle devaient être absorbés le ou les quanta pour obtenir une radiolésion déterminée. Ils ont pu décrire ainsi six types de lésion :

a) la mort immédiate, qui survient dans les quelques heures qui suivent l'irradiation, due à l'absorption d'un grand nombre de quanta et à la destruction des différents constituants cellulaires ;

b) la suppression de la motilité, observée chez certains infusoires, due à l'atteinte des centres moteurs ;

c) la suppression de la reproduction : la cellule grossit, cesse de se multiplier et meurt au bout de quelques jours, due à l'atteinte du centrosome ;

d) les anomalies abortives de la division — appelée aussi « mort différée » — la division cellulaire se fait une ou deux fois pour aboutir à des éléments monstrueux qui meurent rapidement : ceci est dû à la destruction plus ou moins grande de la chromatine nucléaire ;

e) le retard de la croissance : la division cellulaire se fait beaucoup plus lentement que normalement : il y a désintégration partielle du cytoplasma ;

f) les mutations ou modifications morphologiques de certaines cellules qui continuent néanmoins à se reproduire en conservant les caractères nouveaux dûs

aux lésions consécutives à la première irradiation : lésion d'un point particulier du matériel chromosomique.

Toutes ces lésions peuvent s'observer au cours d'une même irradiation faite d'une manière aussi homogène que possible, mais, pour une dose donnée, sur les mêmes cellules, on constatera toujours une proportion plus grande de l'une d'entr'elles. Ces lésions diverses peuvent s'expliquer ainsi :

— considérons, par exemple, une irradiation à faibles doses, c'est-à-dire l'absorption d'un petit nombre de quanta ; les trajectoires semées d'ions et le volume qu'elles occupent — appelé « cible » par ces auteurs — ont plus de chance d'être absorbés dans le cytoplasma, qui constitue la majeure partie de la cellule, que dans le noyau ou le centrosome : on observera donc comme lésion prédominante le retard de la croissance ; par ailleurs, le hasard présidant seul à la distribution topographique des cibles, certaines d'entr'elles atteindront le noyau, le centrosome, les centres moteurs, et tous les types de lésions pourront être observés.

En conclusion, pour obtenir le maximum de lésions, il est nécessaire :

— de faire absorber des quanta de grande énergie, c'est-à-dire d'employer des rayons de très petite longueur d'onde ;

— de donner des doses élevées.

La théorie quantique permet également d'interpréter les différences de radiosensibilité cellulaire, dont

BERGONIÉ et TRIBONDEAU avaient énoncé les lois empiriques. Il suffit de considérer les volumes respectifs des zones sensibles dont l'atteinte engendre une lésion déterminée : plus le noyau d'une cellule est volumineux par rapport au cytoplasma, plus la cellule est radiosensible. A ce sujet, la composition physico-chimique de la cellule et la qualité du rayonnement interviennent également.

La différence de radiosensibilité joue un rôle fondamental en radiothérapie : elle permet de détruire un tissu malade en respectant les tissus sains. Cependant, s'il est exact que, pour une dose donnée, certaines cellules seront détruites et d'autres resteront en apparence intactes, ces mêmes doses, répétées à des intervalles plus ou moins longs, finiront, elles aussi, par détruire les cellules restées intactes ; ces dernières, en effet, présentaient des micro-lésions qui ne se réparent pas ; les doses successives vont donc s'ajouter et, finalement, aboutir à la mort de ces cellules. Ce problème engendre certaines difficultés en radiothérapie.

Pratiquement, toutes les applications de rayons X se font par une porte d'entrée cutanée : les réactions de la peau vont dominer la conduite du traitement.

Il y a intérêt à faire absorber à un tissu que l'on veut détruire la quantité maxima de radiations. Mais, pour un champ d'irradiation, cette quantité est strictement limitée à la dose compatible avec l'intégrité cutanée.

On a cherché par différents moyens à réduire les inconvénients de cette « barrière » que constitue la peau, d'où :

— éloignement de la source (la dose étant proportionnelle à l'inverse du carré de la distance; on augmente ainsi le rapport dose en profondeur sur dose peau).

— filtration au maximum du rayonnement pour éliminer les rayons mous, très nocifs pour la peau ; filtration double avec un filtre en métal lourd et un autre en métal léger, ce dernier absorbant le rayonnement secondaire du premier filtre ;

— technique des feux croisés ;

— vaso-constriction de la peau par compression ou par le froid.

Dans le présent travail, nous avons étudié expérimentalement l'action des rayons infra-rouges sur les lésions cutanées produites par les rayons X, ceci en partant de l'hypothèse d'un antagonisme entre certaines radiations, rayons X et rayons infra-rouges, par exemple.

LÉSIONS CUTANÉES PRODUITES PAR LES RAYONS X

Dès la découverte des rayons X, leur action sur la peau s'est immédiatement révélée.

En raison de la faible puissance des appareils, les examens au cours du radiodiagnostic étaient très longs et on ne tarda pas à observer de nombreux accidents cutanés.

Le premier cas semble avoir été publié par STEVENS, en 1896 : il remarqua chez un manipulateur de rayons X des altérations de la peau : érythème et éruption.

Simultanément, DANIEL publiait un cas de chute des cheveux chez une enfant soumise à un examen radiologique de longue durée pour la recherche d'un projectile intra-crânien.

Un cas de radionécrose est observé par DRURY.

En France, en 1897, OUDIN, BARTHÉLEMY et DARIER étudient expérimentalement l'action des rayons X sur la peau du cobaye.

Dès 1902, SCHOLTZ donne une étude clinique et anatomopathologique des radiolésions de la peau.

En 1913, REGAUD et NOGIER comparent l'action d'un rayonnement suivant sa qualité : ils étudient l'action des filtres.

L'étude de l'action des rayons X sur la peau est particulièrement difficile, car soumise à de nombreux facteurs. Elle varie chez un même individu selon la région irradiée, selon le plan sous-jacent, selon, parfois, l'état général du sujet ; elle varie considérablement selon l'espèce, et, telle dose qui produira une radionécrose chez l'une, ne déterminera chez l'autre qu'une simple épilation.

La notion de dose doit dominer l'étude des lésions cutanées. Dans une espèce donnée, pour un rayonnement de qualité déterminé, il existe une dose compatible avec l'intégrité cutanée. Dès que cette dose est dépassée, on assiste à des réactions de la peau qui seront d'autant plus marquées que l'excès de radiations absorbées sera plus grand.

Au total, il y a lésion de la peau quand il y a hyperdose.

A des doses croissantes de rayons X, vont correspondre les lésions suivantes :

- 1° l'érythème simple ;
- 2° l'érythème avec épilation ;
- 3° la radioépidermite ;
- 4° la radiodermite aiguë ;

Nous savons, d'autre part, que les doses répétées — même à de longs intervalles — s'ajoutent ; c'est dans ce cas que nous pourrions observer :

- 5° la radiodermite chronique.

I. — L'ERYTHEME

Réaction bénigne, passagère, qui doit attirer l'attention sur une sensibilité particulière de la peau si elle se produit à faibles doses. Il apparaît une semaine environ après une irradiation. Il ne s'accompagne d'aucune douleur, disparaît dans un délai variant entre une semaine et un mois ; il est souvent suivi d'une pigmentation analogue à la pigmentation solaire. C'est là la « trace du localisateur » qui permettra parfois de reconnaître rétrospectivement un traitement radiothérapique. On attendra, en général, sa disparition avant une nouvelle irradiation sur ce même champ.

L'érythème a fait l'objet, au cours de ces dernières années, de nombreuses études, en particulier en Allemagne. Les auteurs allemands avaient cru pouvoir définir par la dose qui provoquait l'érythème une quantité de radiations assez précise, d'où le terme de Haut Erythem Dosis, en abrégé H. E. D. Ils la définissaient ainsi : « Un érythème léger, apparaissant 8 jours après une irradiation par rayons durs, sur un champ de 6 cm. sur 6 cm. à 23 cm. de distance focale, disparaissant après trois semaines en laissant une légère pigmentation. »

Cette dose est trop imprécise pour avoir de la valeur ; les auteurs français tels que BÉCLÈRE et GUNSETT ont montré qu'elle pouvait varier jusqu'à 150 % suivant les différents observateurs et les réactions de

l'individu. Cette dose ne peut donc jamais correspondre à une quantité définie de rayonnement.

II. — ERYTHEME ET EPILATION

Cette lésion correspond à une dose supérieure à la précédente — nous entendons ici l'épilation définitive par destruction du bulbe pileux. L'épilation est d'autant plus facilement obtenue que l'on considère les poils à croissance rapide, tels que la barbe et les cheveux. Par contre, les duvets sont très difficilement détruits, d'où les échecs ou les dangers du traitement de l'hypertrichose par les rayons X.

En même temps que l'épilation, on constate à ce stade des lésions concomitantes :

- des glandes sudoripares, la peau devient sèche ;
- des glandes sébacées.

III. — LA RADIOEPIDERMITE

Elle s'observe lorsqu'on a dépassé la dose qui, chez un sujet, a produit l'érythème. Celui-ci apparaît d'ailleurs comme nous l'avons décrit précédemment ; à noter, toutefois, qu'il devient de plus en plus foncé et s'accompagne de signes fonctionnels ; sensation de chaleur et prurit.

Vers le dixième jour, on voit apparaître de petites vésicules qui finissent par confluer ; vers le quinzième jour, l'épiderme se détache, découvrant une surface lisse, rosée, humide, laissant sourdre une

sérosité citrine ; il n'y a pas d'hémorragie. Cette surface a les dimensions exactes du champ irradié.

En une moyenne de 15 à 20 jours, la cicatrisation est complète ; l'épiderme, d'abord mince, nacré, peu résistant, reprend, au bout de quelques semaines, ses caractères normaux.

REGAUD et NOGIER, en 1913, ont donné une étude histologique détaillée de la radioépidermite. Les rayons X agissent surtout sur les cellules les plus radiosensibles : celles de la couche germinative. Celles-ci disparaissent dans les premiers jours qui suivent l'irradiation. Les cellules sus-jacentes, plus âgées, donc plus résistantes, terminent leur évolution normale et finissent par devenir les cellules mortes de l'épiderme. Ces dernières, d'ailleurs, ne sont pas restées intactes : certaines bourgeonnent, présentent des altérations nucléaires, il y a appel de leucocytes : ceci explique les vésicules remplies de liquide citrin qui précèdent la phase ulcéreuse. La réparation se fait par voie centripète pour la raison suivante : l'épiderme ne peut se renouveler, puisqu'il y a disparition de la couche germinative, il ne pourra se réparer que par prolifération des cellules épidermiques du pourtour non irradié de la lésion.

IV. — LA RADIODERMITE AIGUE

Lorsque la dose de rayons X reçue par la peau devient beaucoup plus élevée, il se produit une lésion très grave : la radiodermite aiguë.

Cet excès de dose est variable selon la qualité du rayonnement considéré: alors qu'il doit être très fort pour un rayonnement très filtré, il est au contraire très réduit pour un rayonnement à feu nu; l'écart entre la dose tolérable et la dose nocive est, dans ce cas, relativement court.

La radiodermite aiguë s'observe de plus en plus rarement en raison des perfectionnements techniques actuels; c'est avant tout un accident imputable à l'oubli du filtre.

La radiodermite aiguë se distingue par sa précocité; c'est dans les quelques jours qui suivent l'irradiation qu'elle se manifeste. La région irradiée devient chaude, œdématiée, rouge et douloureuse, alors que dans la radioépidermite le malade n'accuse que du prurit. Bientôt apparaît une phlyctène qui se déchire et met à nu le derme recouvert d'une fausse membrane gris jaunâtre.

L'induration s'étend au pourtour de la lésion, la douleur persiste violente.

Les tissus mortifiés s'éliminent et l'ulcération creuse en profondeur atteignant les vaisseaux, les nerfs et mettant l'os à nu.

Après ce début aigu, le processus évolue avec une extrême lenteur et la cicatrisation peut demander des années; elle est souvent entrecoupée de rechutes avec atteinte des zones périphériques. La cicatrice épaisse, adhérente aux plans profonds est analogue à celle qui succède à une brûlure grave.

L'étude histologique montre une nécrose de tous les éléments: épiderme, derme, tissu conjonctif, vaisseaux, nerfs et muscles.

V. — RADIODERMITE CHRONIQUE

Elle résulte, non pas comme dans la forme aiguë, d'une irradiation massive, mais d'un excès de dose atteint en un temps relativement long.

Comme nous l'avons dit au début, ces doses « s'ajoutent ». La radiodermite des radiologistes rentre dans ce cas : des petites doses fréquemment répétées.

Les circonstances d'apparition de la radiodermite tardive sont essentiellement variables :

- ou bien elle succède à une irradiation;
- ou bien c'est à la suite d'un traumatisme sur la région irradiée; la cause déclenchante est parfois minime : application d'un topique, coup de soleil par exemple.

Les caractères cliniques et histologiques sont les mêmes que dans la forme précoce. Elle peut dégénérer en cancer.

Cette description des lésions cutanées dues aux rayons X est avant tout schématique.

Il n'existe pas d'une manière très précise de dose érythème, ni de dose radioépidermicide ou radionécrotique. De nombreux facteurs interviennent :

- la sensibilité plus ou moins grande de la peau;
- la qualité du rayonnement;
- le rythme des irradiations.

L'érythème peut être plus ou moins foncé; la cicatrisation d'une radioépidermite demander plus de temps que normalement. Avant l'apparition d'une radiodermite aiguë, quelques signes discrets, mais de grande valeur, peuvent attirer l'attention, traduisant ainsi que la peau est à l'extrême limite de tolérance des rayons X : une pigmentation rosée persistante, une sclérodermie, des atrophies des glandes, des télangiectasies sont de première importance.

ACTION BIOLOGIQUE DES RAYONS INFRA-ROUGES

Les rayons infra-rouges occupent dans la gamme des radiations électro-magnétiques la partie la moins réfrangible du spectre ; leur longueur d'onde, comprise entre $0\text{ }\mu\text{8}$ et $343\text{ }\mu$ forme la transition entre les radiations lumineuses et les ondes hertziennes ; mais, seuls, les rayons de longueur d'onde plus petite que $5\text{ }\mu$ possèdent une pénétration suffisante pour être utilisables en physiothérapie.

Les rayons infra-rouges se révèlent avant tout par un effet thermique, et c'est là le principal mode de détection, au moyen de couples thermo-électriques.

Les sources de rayons infra-rouges sont constituées par des corps élevés à une certaine température. Un corps chauffé émet d'abord des radiations infra-rouges de grande longueur d'onde, et, au fur et à mesure que la température s'élève, on obtient des rayons infra-rouges de longueur d'onde plus petite pour aboutir enfin au rouge sombre, première étape du spectre visible.

On emploie pratiquement, soit des résistances électriques de chauffage, soit des lampes à incandescence ; il suffit alors d'absorber les radiations inutiles par

des filtres perméables seulement aux infra-rouges tels les verres à l'oxyde de manganèse (marmorite), au cobalt, à l'iode. Ces filtres permettent en outre une sélection : la marmorite présente un maximum de transparence pour les rayons de $1\ \mu$, les verres au cobalt ne laissent passer que les longueurs d'onde entre $0\ \mu 7$ et $5\ \mu$.

Le quantum d'énergie libéré par absorption d'une radiation infra-rouge, contrairement au quantum des radiations de très courte longueur d'onde, est infiniment faible, et incapable de produire d'importantes réactions physico-chimiques.

La pénétration des rayons infra-rouges a été étudiée par plusieurs auteurs et leurs conclusions sont différentes.

L'étude de l'absorption à travers un fragment de peau permet de distinguer deux parties dans le spectre infra-rouge : la première comprend les radiations allant de $0\ \mu 8$ à $1\ \mu 5$ qui ne sont pas absorbées et pénètrent dans les tissus, la seconde les radiations au delà de $1\ \mu 5$, très absorbables.

Les tissus sont diversement perméables : après la peau, c'est le tissu musculaire qui se laisse traverser le plus facilement; le sang absorbe fortement, et même, arrête les infra-rouges, il en est de même pour les épanchements pathologiques.

C. Sonne admet que tous les rayons sont arrêtés par la couche la plus superficielle de la peau.

A. GUILLAUME réalise l'expérience suivante : il irradie au moyen de rayons infra-rouges la peau de la région dorsale et étudie la température des téguments de la région abdominale, situés dans le prolongement du faisceau incident (en quelque sorte « porte de sortie » du rayonnement); il constate, à ce niveau, une élévation de température qui ne se retrouve pas dans les régions avoisinantes situées en dehors du prolongement du faisceau : il en conclut donc que les rayons infra-rouges ont traversé toute l'épaisseur des tissus.

La perméabilité aux rayons de grande longueur d'onde varie suivant l'espèce : PAULI et IVANCEVIC ont montré que la peau du lapin est plus perméable aux infra-rouges que la peau humaine.

ACTION DES RAYONS INFRA-ROUGES SUR LA PEAU

Quand les téguments sont exposés à une source de radiations infra-rouges, on constate rapidement :

- une élévation sensible de la température locale;
- un érythème apparaît bientôt sous forme de larges plaques rougeâtres, diffuses et dépassant parfois de quelques millimètres les limites du champ d'irradiation; il s'accompagne d'un léger gonflement de la peau.

Contrairement à l'érythème produit par les radiations de courte longueur d'onde, l'érythème par infra-rouges se distingue par :

— sa précocité : il apparaît au cours même de l'irradiation ;

— sa fugacité : il disparaît en quelques heures sans laisser de traces ;

— il n'est jamais suivi de pigmentation ni de desquamation, si l'on ne dépasse pas la dose érythémateuse.

L'étude histologique de la peau soumise aux rayons infra-rouges montre :

— une vaso-dilatation des artérioles du derme et une distension marquée des capillaires ;

— de l'œdème papillaire et de l'épiderme muqueux ;

— un afflux leucocytaire ;

En résumé, les rayons infra-rouges provoquent localement, par vaso-dilatation, une accélération de la circulation sanguine et lymphatique. Ces phénomènes favorisent la nutrition des tissus, et, de ce fait, influencent favorablement la cicatrisation.

ACTION GENERALE DES RAYONS INFRA-ROUGES

L'action générale des rayons infra-rouges sur l'organisme se traduit par :

— une augmentation du nombre des hématies qui va de 15 à 20 % du chiffre initial, augmentation stable qui persiste 5 à 6 semaines ;

— une leucopénie importante ;

— une hypotension légère mais très persistante ;

— une augmentation des oxydations et des échanges.

ANTAGONISME DES RADIATIONS

De nombreuses expériences semblent prouver qu'il existe un antagonisme entre certaines radiations.

Nous citerons, en premier lieu, celles qui se rapportent aux radiations de courte longueur d'onde.

DOGNON étudie la floculation d'une suspension de mastic sensibilisée par addition de chlorure de sodium.

Il réalise une colonne de compartiments superposés contenant la suspension de mastic; celle-ci est irradiée suivant son axe par un rayonnement X hétérogène, non filtré, émis par une anticathode en tungstène sous 75 kilovolts; la longueur d'onde d'un tel rayonnement est comprise entre 0,17 et 0,7 angström. Il obtient un résultat apparemment paradoxal : la floculation maxima se produit dans le compartiment le plus éloigné de la source radiogène, là où la dose reçue est minima.

DOGNON explique ce résultat au fait que, dans les premiers compartiments, le rayonnement, très hétérogène, comprend des radiations antagonistes dont l'effet s'annule; au contraire, en traversant les diffé-

rents compartiments, le rayonnement est filtré, tend à devenir monochromatique, ce qui augmente son activité, d'où la floculation dans les derniers compartiments.

Une seconde expérience permet de confirmer cette hypothèse : la suspension de mastic est placée comme précédemment, mais DOGNOT emploie cette fois deux rayonnements, l'un émis par une anticathode de tungstène sous 75 kilovolts, mais filtré par 0,65 mm. de cuivre, ce qui donne une longueur moyenne de 0,25 angström; l'autre émis par une anticathode de molybdène sous 33 kilovolts, non filtré, donnant des radiations de 0,6-0,7 angström. Ces deux rayonnements floculent la suspension de mastic; en outre, comme ils sont pratiquement monochromatiques, le compartiment le plus rapproché de la source de rayons X flocule le plus; la floculation allant en décroissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne.

Il est facile de noter l'intensité de la floculation dans chacun des compartiments en étudiant la viscosité de la suspension.

Si, après avoir irradié axialement la colonne, on fait une irradiation latérale avec le second rayonnement sur un seul des compartiments, on constate que, dans ce dernier, la floculation est très diminuée ou parfois même ne se produit pas.

Il y a donc eu un effet inhibiteur qui ne peut s'expliquer que par un antagonisme entre les deux radiations considérées.

MOPPET expose la membrane allantoïque d'un embryon de poulet à une radiation monochromatique : il obtient des lésions presque aussi intenses que si cette membrane est exposée au rayonnement direct, et cependant, l'intensité du premier rayonnement est à peu près la 1/1.000^e partie du second.

Si, aux radiations monochromatiques, vient s'ajouter une seconde radiation, monochromatique elle aussi, mais légèrement différente, l'effet diminue sensiblement, même à doses plus fortes. Ces faits peuvent s'interpréter en admettant également un antagonisme entre les deux radiations.

Toutefois SCOTT a repris cette dernière expérience sans pouvoir la vérifier : il n'a trouvé aucune différence entre les résultats d'une irradiation par un rayonnement monochromatique ou hétérogène.

L'antagonisme existe-t-il entre des radiations de longueur d'onde très différentes? Nous rapporterons à ce sujet les expériences suivantes :

AIMARD et DAUSSET ont remarqué que l'érythème par ultra-violet apparaissait moins vite lorsque l'on associait les infra-rouges. Le rendement d'une lampe en ultra-violets est d'autant plus faible que la proportion de rayons infra-rouges est plus grande.

BENOIT irradie par infra-rouges la moitié d'un érythème dû aux ultra-violets et constate qu'il disparaît plus rapidement sur cette moitié.

FRITZ LUDWIG et JULIUS VON RIES montrent que les rayons infra-rouges ou rouges enlèvent le pouvoir

phosphorescent du sulfure de zinc, alors que les rayons violets ou bleus l'augmentent beaucoup.

Ces auteurs étudient l'action de ces radiations sur la cholestérine : ils nourrissent de jeunes rats avec des aliments sans vitamines auxquels ils ajoutent 0,10 gr. de cholestérine irradiée de la manière suivante :

- à la lumière ultra-violette;
- à la lumière ultra-violette suivie de lumière rouge;
- à la lumière rouge;
- non irradiée;

La cholestérine non irradiée ou exposée à la lumière rouge n'a aucune action sur le poids; la cholestérine irradiée par rayons ultra-violets amène une augmentation très sensible du poids, cette même cholestérine perd son action si elle est exposée à la lumière rouge.

Des expériences analogues ont été faites sur le développement des graines en différentes lumières.

DESROCHES soumet des zoospores de *clamidomonas sternii* à l'action du rayonnement bleu et rouge. Sous l'influence des plus courtes longueurs d'onde, les zoospores perdaient leurs cils une à deux minutes après leur sortie du zoosporange, se fixaient et commençaient à se cloisonner; au contraire, avec les grandes longueurs d'onde, le cycle évolutif des zoospores se ralentit.

D'après PECH, si les rayons ultra-violets agissent mieux en altitude ou au bord de la mer, ce serait dû

à la présence autour des êtres vivants ou dans l'atmosphère d'une gaine de vapeur d'eau imperméable aux rayons infra-rouges. L'efficacité plus grande de l'héliothérapie dans ces conditions s'explique précisément par le fait que les ultra-violets ne s'y trouvent pas annihilés par les infra-rouges.

A.-C. GUILLAUME a réalisé toute une série d'expériences tendant à prouver l'existence d'un antagonisme entre infra-rouges et ultra-violets.

a) dans une première série, il constate une action empêchante des infra-rouges sur l'effet érythémateux des ultra-violets;

b) « aux fortes doses, l'association infra-rouges et ultra-violets a pour résultat d'entraîner la production d'un érythème secondaire plus précoce, et, semble-t-il, moins intense et moins durable en tous cas que l'érythème secondaire produit par une source d'ultra-violets sans infra-rouges »;

c) si la dose de rayons ultra-violets est particulièrement forte, l'effet des ultra-violets l'emporte, et, à un certain moment l'effet atténuant des infra-rouges « plafonne ».

Dans le domaine qui nous occupe tout particulièrement, en ce qui concerne l'antagonisme entre les rayons X et les rayons infra-rouges :

— VILLARD a montré que l'on pouvait effacer par les infra-rouges l'image photographique produite sur un film par les rayons X.

— RISLER et MONDAIN empêchent l'apparition de radiodermite chez des cobayes irradiés avec des rayons X mous en les traitant par les infra-rouges ; les animaux témoins, non traités, présentent des radiodermes.

— BAR et BOULLE, dès 1901, BENOIT et HEILBRUNNER, HALKIN et LAPIERRE, CHAUMET préconisent l'emploi des rayons infra-rouges dans le traitement des accidents cutanés dûs aux rayons X.

— DENIER admet que les infra-rouges permettent un surdosage en roentgenthérapie.

— En Italie, RATTI et SILVESTRI étudient expérimentalement chez l'homme l'action des infra-rouges sur les lésions cutanées roentgésiennes. Après avoir irradié un champ avec des doses suffisamment élevées pour obtenir une réaction cutanée intense, ils protègent la moitié du champ et soumettent l'autre à l'action des rayons infra-rouges; ils n'observent pas de modifications appréciables dans l'évolution des lésions traitées par les infra-rouges et concluent :

— à l'absence d'antagonisme entre les rayons X et les rayons infra-rouges;

— il ne faut pas avoir recours aux rayons infra-rouges en vue d'éviter, dans le traitement radiothérapique, des réactions par trop intenses ou des radiodermes aiguës;

— la photothérapie infra-rouge exerce une action bienfaisante sur les radioépidermes humides, elle permet d'obtenir une stimulation du processus de réparation.

EXPÉRIMENTATION

Notre expérimentation a porté sur un assez grand nombre d'animaux. Malheureusement, nous n'avons pu les suivre tous aussi longtemps que nous l'aurions voulu : les uns sont morts au cours des séries d'irradiation, d'autres pendant la période de latence qui précède la réaction cutanée.

Les animaux d'expérience ont été tout d'abord des cobayes, ensuite des lapins.

Les poils sont coupés à ras au niveau du champ d'irradiation, ses dimensions sont environ de 4 cm. sur 4. Au moyen d'un cache en plomb de 1 millimètre d'épaisseur et percé de 4 fenêtres, nous délimitons ainsi 4 champs.

Le rayonnement employé présente les caractéristiques suivantes :

- Tension : 65-70 kilovolts.
- Intensité : 3 milliampères.
- Filtre : 5/10 de millimètre d'aluminium.
- Distance focale : 10 centimètres.

Les doses de rayonnement sont calculées d'une façon très précise dans l'air au moyen de la chambre de KUSTNER.

Les doses qui provoquent une réaction cutanée déterminée sont très différentes chez l'homme et chez l'animal; les auteurs donnent à ce propos des chiffres très variables : GUNSETT et MEYER estiment que la dose épilatoire est trois fois plus élevée chez le lapin que chez l'homme; ELLINGER trouve la peau du lapin 2,5 fois plus résistante que la peau de l'homme.

Nous avons cherché au début à préciser la dose qui provoque la radionécrose chez le cobaye.

EXPÉRIENCE I. — Au moyen d'un second cache en plomb, nous recouvrons partiellement le premier cache; ceci nous permet d'irradier chacun des 4 champs avec des doses progressivement croissantes:

- le champ n° 1 reçoit 500 « r ».
- le champ n° 2 » 750 « r ».
- le champ n° 3 » 1.000 « r ».
- le champ n° 4 » 1.250 « r ».

Pendant une période de latence d'une vingtaine de jours, nous n'observons aucune réaction.

Le 21^e jour, les champs irradiés se présentent ainsi:

- n° 1 : aspect normal.
- n° 2 : très légère épilation, le poil est un peu raide.
- n° 3 : épilation presque totale.
- n° 4 : épilation presque totale.

Nous n'avons jamais constaté l'apparition d'un érythème sur aucun des champs.

D'autre part, l'épilation n'a pas été définitive, et, dans les semaines qui suivirent, les poils ont repoussé

avec leurs caractères normaux, toute trace d'irradiation disparut.

Cette première expérience nous a montré la résistance de la peau du cobaye: en effet, chez l'homme, une dose de 1.250 « r » d'un rayonnement peu filtré, provoque à coup sûr une réaction de l'épiderme, à condition, bien entendu, de l'appliquer en une seule fois.

EXPÉRIENCE 2. — Sans changer les caractéristiques du rayonnement, nous augmentons les doses, pour obtenir une lésion plus accentuée que l'épilation.

Les champs ont la même disposition que sur le premier animal.

— le champ n° 1 reçoit 2.000 « r ».

— le champ n° 2 » 2.500 « r ».

— le champ n° 3 » 3.000 « r ».

— le champ n° 4 » 3.500 « r ».

L'animal est mort le 15^e jour, sans avoir présenté de réaction cutanée.

Cet incident nous a fait modifier légèrement notre technique; les irradiations étaient faites sur la région lombaire, sur une surface relativement grande étant donné les dimensions de l'animal. Nous avons probablement déterminé des lésions importantes des organes abdominaux, qui ont entraîné la mort.

Dans les expériences suivantes, nous avons irradié la partie haute du thorax. Ces irradiations ont été mieux supportées.

EXPÉRIENCE 3. — Chacun des champs reçoit la même dose que dans l'expérience précédente; 21 jours après l'aspect est le suivant :

L'épilation est complète sur les 4 champs. Le n° 4, celui qui a reçu une dose de 3.500 « r », présente en outre une très légère excoriation cutanée qui se cicatrise rapidement en deux jours.

Ultérieurement, sur les champs 1 et 2, où la dose a atteint 2.000 et 2.500 « r », les poils ont repoussé, plus clairsemés et plus raides.

Sur les champs 3 et 4 — 3.000 et 3.500 « r » — l'épilation a été définitive.

Cette troisième expérience nous permet de tirer les conclusions suivantes :

La dose nécessaire pour obtenir l'épilation chez le cobaye, avec un rayonnement de 65-70 kilovolts et une filtration de 5/10 de millimètre d'aluminium est de 3.000 « r », dose donnée en une seule fois; elle est beaucoup plus élevée que chez l'homme (environ 4 fois).

On n'observe pas d'érythème chez le cobaye.

Pour étudier l'action des rayons infra-rouges, nous devons obtenir une lésion de la peau.

On sait qu'en radiothérapie humaine, la dose épilatoire est très voisine de la dose radioépidermicide : d'où le danger de l'épilation par rayons X.

Chez le cobaye, où la peau est infiniment plus résistante, nous devons élever sensiblement la dose épilatoire pour déterminer une lésion de l'épiderme.

Nous irradiions deux champs voisins avec une dose égale de rayons X, l'un d'eux est ensuite soumis à l'action des rayons infra-rouges, l'autre sert de témoin. Ici intervient une petite difficulté technique que nous avons résolue de la façon suivante :

Il est en effet difficile d'irradier une région par des rayons infra-rouges en protégeant *intégralement* une région très voisine : le cache qui protège le champ témoin s'échauffe et devient à son tour émetteur de rayons infra-rouges. L'animal a donc été recouvert d'un grand cache en aluminium percé d'une fenêtre des dimensions de l'un des champs ; le cache porte des prolongements latéraux assez grands qui forment radiateurs et plongent dans de l'eau froide. L'animal ainsi protégé est soumis aux infra-rouges, et seule, la région sous-jacente à la fenêtre est irradiée. Le cache ne s'échauffe pratiquement pas pendant la séance, et la température, vérifiée à plusieurs reprises sous le cache, ne variait pas.

Nous avons employé comme source de rayons infra-rouges une résistance électrique placée devant un réflecteur non focalisant. L'étude du rayonnement au moyen du spectrographe et d'une pile thermo-électrique, montre que le maximum de l'énergie rayonnée correspond à des rayons dont la longueur est comprise entre 3 et 5 μ .

EXPÉRIENCE 4. — Deux champs reçoivent une dose de 4.000 « r » de manière à obtenir une ulcération de la peau.

L'un des champs est soumis quotidiennement aux rayons infra-rouges pendant 45 minutes.

L'animal est mort au bout de quelques jours.

EXPÉRIENCE 5. — Elle est semblable à la précédente.

— 9 jours après l'irradiation, l'épilation est complète sur les deux champs;

— 11 jours après, il existe une très légère excoriation *du côté soumis aux infra-rouges*;

— 18 jours après, on note sur chacun des champs une ulcération peu profonde, rosée, qui semble peu douloureuse car l'animal ne crie pas quand on la touche : cette ulcération *est plus étendue du côté traité par les infra-rouges*.

24 jours après, le champ traité par les infra-rouges est cicatrisé; l'autre se recouvre d'une croûte qui tombe rapidement.

Sur les deux champs, la peau est rose, fine, sans trace de cicatrice (fig. 1 ci-contre).

EXPÉRIENCE 6. — Elle est contemporaine de la précédente, nous avons donné une dose légèrement inférieure : 3.750 « r ».

Les réactions, quant à l'épilation, ont été les mêmes; mais il n'y a pas eu ulcération de l'épiderme, simplement une légère desquamation.

Ces expériences 5 et 6 nous permettent de tirer les conclusions suivantes :



FIG. I. — *Expérience 5* : Le champ gauche seul a été soumis à l'action des infra-rouges. Aspect le 24^e jour.

— la dose de 3.750 « r », avec un rayonnement de 65-70 kilovolts et une filtration de 5/10 de millimètre

d'aluminium, est la dose limite à administrer en une seule fois chez le cobaye pour conserver l'intégrité cutanée.

— une dose de 4.000 « r » détermine une lésion très superficielle disparaissant sans cicatrice.

— la réaction cutanée *est apparue plus tôt du côté soumis aux infra-rouges*, la cicatrisation s'est faite plus rapidement de ce côté.

EXPÉRIENCE 7. — Malgré ces doses très élevées de rayons X peu filtrés, nous n'avons pas réussi à obtenir une véritable radionécrose.

Au cours de cette expérience, l'animal reçoit en une seule séance 5.000 « r ». Les irradiations par rayons infra-rouges débutent immédiatement après les rayons X.

Pendant les 4 premiers jours qui ont suivi l'irradiation on constate une légère repousse du poil.

L'épilation débute dès le 7^e jour, elle est totale le 10^e sur les deux champs.

Le 15^e jour, *du côté soumis aux infra-rouges*, apparaît une petite ulcération, l'épiderme desquame. L'ulcération, peu profonde, s'étend pendant quelques jours; le fond est rosé, les contours polycycliques; elle ne suppure pas; la cicatrisation commence à partir du 25^e jour, la guérison est rapide sans cicatrice.

Le côté non soumis aux infra-rouges n'a fait aucune lésion.

Les champs traités par infra-rouges ont fait *des lésions plus accentuées* que le côté non traité.

Nous avons par la suite continué une série d'expériences en prenant comme animal le lapin et en changeant les caractéristiques du rayonnement, qui sont les suivantes :

- tension: 160-170 kilovolts;
- intensité: 3 milliampères;
- filtration: 2/10 de millimètre de cuivre;
1 millimètre d'aluminium;
- distance focale: 30 centimètres.

EXPÉRIENCE 8. — L'irradiation est faite sur la cuisse du lapin; cette expérience est destinée uniquement à étudier l'action du rayonnement précédent sur la peau du lapin : nous prenons donc un seul champ.

La dose totale est de 4.950 « r », administrée en 6 jours : 5 séances de 900 « r » et une de 450 « r ».

18 jours après, on constate une épilation et mise à nu du derme, on détache avec les poils des lambeaux d'épiderme; la plaie s'agrandit les jours suivants et a finalement les mêmes dimensions que le champ. Le derme est rosé, suintant, saigne facilement au moindre contact.

Des séances de rayons infra-rouges ont été faites dès l'apparition de l'ulcération.

La cicatrisation a commencé dès le 35^e jour : elle s'est faite incomplètement par voie centripète, l'épiderme du pourtour de la lésion est redevenu normal, un fin duvet a repoussé secondairement. Il persiste au centre une plaie en cratère de plusieurs millimètres de profondeur. L'animal est resté en observa-

tion pendant 9 mois, cette plaie ne s'est jamais cicatrisée, malgré les séances d'infra-rouges continuées très longtemps; la peau autour s'est sclérosée; il en

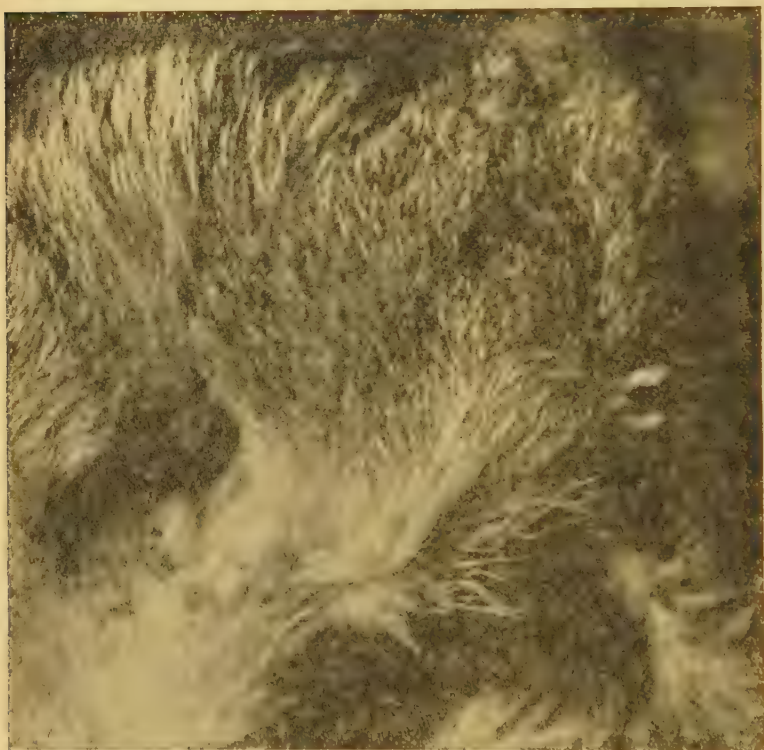


FIG. 2. — *Expérience 8* : Aspect de la lésion 8 mois après l'irradiation. Remarquer la rétraction de la patte.

résulte une rétraction de la patte qui est immobilisée en flexion (fig. 2).

EXPÉRIENCE 9. — Un cobaye est irradié dans des conditions analogues au lapin précédent.

Vers le 15^e jour, l'épilation est totale.

L'animal est mort un mois après sans avoir présenté d'ulcération de l'épiderme.

EXPÉRIENCE 10. — Les irradiations sont faites cette fois symétriquement sur les cuisses droite et gauche d'un lapin. La dose de 4.950 « r » est administrée en 8 jours.

La cuisse droite est soumise chaque jour à une séance de rayons infra-rouges d'une durée de une heure.

Le 24^e jour, on constate l'épilation partielle du côté gauche; à droite, les poils ne sont pas tombés mais ils se laissent facilement arracher.

Dès le 15^e jour, nous avons vu se produire un œdème volumineux des pattes postérieures, suivi bientôt d'une ulcération qui s'étendit très rapidement en surface et en profondeur, mettant à nu les muscles, les tendons, l'os et réalisant ainsi un véritable cas de radionécrose aiguë.

Nous avons cherché à expliquer l'origine de cette radionécrose sur une région apparemment non irradiée. En replaçant l'animal dans la même position que celle qu'il occupait pendant les séances d'irradiation par rayons X, nous avons remarqué que l'extrémité des pattes n'était pas protégée par le cache en plomb et, en outre, était toujours dirigée du côté de la queue de l'anticathode du tube située en dehors de la cupule protectrice en verre plombé.

Cette radionécrose s'explique donc par le rayonnement mou émis par la queue de l'anticathode de ce genre de tube.

Cet incident entraîne une remarque importante : il montre une fois de plus les dangers du rayonnement émis par la queue de l'anticathode qui peut atteindre une dose assez importante, et la nécessité de protéger les malades contre un tel rayonnement au cours des séances de roentgenthérapie.

EXPÉRIENCE 11. — L'animal est irradié dans des conditions sensiblement analogues. Seule la distance focus-peau a été diminuée légèrement, ce qui nous a permis d'administrer sur chaque champ 5.000 « r » en 3 séances, alternativement à droite et à gauche, le tout en 6 jours.

La cuisse droite est soumise pendant une heure à l'action des infra-rouges dès la première séance de rayons X.

Le 17^e jour, l'épilation est totale sur les deux champs.

Le 19^e jour apparaît au centre du champ une petite ulcération qui s'étend rapidement; sur les bords du champ l'épiderme se soulève et se détache en larges lambeaux. L'ulcération est propre, rosée, on y distingue un fin piqueté hémorragique, elle ne suppure pas.

On ne constate aucune différence entre le côté droit soumis aux infra-rouges et le côté gauche non traité.

Vers le 30^e jour, du côté gauche, un petit liseré épidermique bourgeonne au pourtour de la lésion; il prolifère rapidement, et, le 50^e jour, la cicatrisation est complète. L'épiderme nouvellement formé est fin,



FIG. 3. — *Expérience 11* : Cuisse gauche non soumise à l'action des infra-rouges. Aspect du champ le 60^e jour.

fragile, il se crevasse facilement à la suite d'un traumatisme minime. L'évolution de cette lésion s'est faite en 31 jours (fig. 3).

A droite, au début, l'évolution est semblable à ce que l'on observe à gauche; cependant, le centre du



FIG. 4. — *Expérience 11* : Cuisse droite soumise à l'action des infra-rouges. Le centre du champ reste ulcéré. Aspect le 60^e jour.

champ continue à se creuser, devient blanchâtre : le liseré épidermique cicatriciel s'arrête à ce niveau.

Secondairement, l'ulcération se recouvre d'une croûte épaisse, mais, quand elle tombe, l'épiderme sous-jacent n'est pas cicatrisé, l'ulcération persiste profonde de 2 millimètres, elle ne suppure pas (fig. 4).

Cette ulcération dure depuis plusieurs mois, ses caractères n'ont pas sensiblement changé.

LESIONS TARDIVES



FIG. 5. — Lésion tardive apparue 10 mois après l'irradiation.
Le champ gauche avait été soumis aux infra-rouges.

Nous avons pu suivre certains animaux pendant un temps assez long, 15 et 18 mois. Nous avons pu remarquer que les champs irradiés étaient souvent le

siège d'ulcérations. Nous avons tout d'abord pensé qu'il s'agissait d'ulcérations traumatiques sur une peau rendue plus fragile par suite de l'épilation. Ces lésions ont été plus fréquentes sur les champs soumis aux irradiations d'infra-rouges, là où la réaction avait été la plus vive. Il est possible qu'il s'agisse de radio-lésions chroniques analogues à celles que l'on rencontre en roentgenthérapie humaine (fig. 5).

CONCLUSIONS

Le but de notre travail était de contrôler l'existence d'un antagonisme supposé entre les rayons X et les rayons infra-rouges au point de vue de leur action physio-pathologique.

I. - L'intérêt de cette question réside dans le fait que, de nombreux radiothérapeutes ont cru éviter des réactions cutanées trop vives dues aux rayons X par des irradiations avec des infra-rouges ; par ailleurs, d'autres ont traité avec succès par ce même procédé des lésions cutanées d'origine roentgénienne. Mais, la plupart de ces observations ne comportent pas la contre-épreuve nécessaire à une vérification rigoureuse : on ignore ce qui se serait passé sans l'action des infra-rouges.

II. - Le problème d'un antagonisme purement physique ne se pose pas, nous savons en effet que :

— les rayons X entraînent des modifications des atomes qui entrent dans la constitution de la molécule chimique des éléments cellulaires;

— les rayons infra-rouges entraînent des modifications de la molécule chimique, mais laissent intacts les atomes.

L'hypothèse d'un antagonisme physiologique peut se défendre : nous avons vu que les rayons infra-rouges, en favorisant les échanges, peuvent dans une certaine mesure activer la régénération d'une cellule malade, d'où leur action cicatrisante.

III. - Nous avons essayé de vérifier ce prétendu antagonisme en irradiant des animaux avec des doses de rayons X assez élevées pour provoquer une lésion de l'épiderme. Un champ était ensuite soumis à l'action des rayons infra-rouges, l'autre servait de témoin.

Sur les 11 expériences que nous avons faites, 7 sont à retenir quant à l'action des rayons infra-rouges : nous constatons dans les expériences 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 :

— ou bien, les rayons n'ont eu aucune action sur l'évolution de la réaction cutanée qui est semblable sur les 2 champs : expériences 6, 9, 10;

— ou bien ils ont entraîné, soit une apparition plus précoce de la réaction cutanée, expérience 5, soit une accentuation très nette de la lésion par rapport au champ témoin, expériences 7 et 11; /

— d'autre part, action cicatrisante très nette, expérience 8.

Les lésions tardives ont été observées plus fréquemment sur les champs irradiés par infra-rouges.

IV. - Nous devons cependant remarquer que ces expériences ont été faites sur des animaux, cobayes et lapins, dont la peau est très différente de la peau humaine. Nous avons dû employer des doses de rayons X très élevées pour obtenir des lésions relativement peu importantes, si l'on compare à celles que ces mêmes doses auraient produites chez l'homme. Les réactions aux infra-rouges peuvent donc être elles aussi très différentes.

Il ne nous a pas été possible d'expérimenter chez les porcins dont la peau se rapproche le plus de la peau humaine.

V. - Cependant, il ne faut pas méconnaître l'opinion des nombreux thérapeutes qui attribuent aux rayons infra-rouges une action bienfaisante sur l'évolution des accidents cutanés dûs aux rayons X. Il est possible, en effet, de concilier nos conclusions (action nocive des rayons infra-rouges appliqués sur la région irradiée) et les observations cliniques rapportées par ces auteurs. Il suffit pour cela d'admettre l'hypothèse que les applications d'infra-rouges débordant largement la zone irradiée, et agissant sur les tissus sains, puissent déterminer une stimulation des fonctions cutanées en général. L'amélioration des radiolésions serait due alors à une action à distance, par l'intermédiaire de l'ensemble de l'organisme qui réagit favorablement aux rayons infra-rouges. Cette action médiate favorable s'opposerait à l'action immédiate

des rayons infra-rouges sur les téguments irradiés, qui, elle, semble, d'après nos expériences, nocive.

Comme conclusion, nous proposerions donc, lors d'exposition aux rayons infra-rouges à la suite de roentgenthérapie, de protéger la zone soumise antérieurement aux rayons X, et de n'exposer aux rayons infra-rouges que les régions voisines non irradiées.

Vu : *Le Doyen*

A. BAUDOUIN.

Vu : *Le Président de Thèse*

STROHL.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Directeur de l'Ecole Normale Supérieure

chargé des fonctions

de Recteur de l'Académie de Paris

CARCOPINO.

BIBLIOGRAPHIE

- ANCEL (S.). — *C. R. Soc. de biologie*, T. XXXVII, p. 800, 1927.
- ARMANI. — Contributo sperimentale allo studio dell'azione delle radiazioni di varia lunghezza d'onda. (Atti del VII Congresso ital. di Radiologia, 1926, p. 290 e « *La Radiologia Med.* », 1927, vol. XIV, p. 111).
- Applicazioni terapeutiche dell'antagonismo di alcune radiazioni. (*Riv. di Rad. e Fis. med.*, 1930, vol. II, p. 210).
- AUDIAT et PIFFAULT. — *C. R. Soc. de biologie*, T. CXVI, p. 1.270, 1934.
- BALZER et MOUSSEAU. — Accidents cutanés par les rayons de Roentgen. (*Bull. Soc. Derm. et Syph.*, 1899, p. 918).
- BARTHÉLEMY et LEVY-BING. — Des accidents cutanés dus aux rayons X. (*Inter Derma. Konger Erhandl, Berlin*, 1904-1905, II, p. 401-11).
- BÉCLÈRE. — L'érythème cutané et la dose dite érythème en radiothérapie. (*Jour. radio. et élec. Paris*, 1925, IX, pp. 275-283).
- BEHRING et MEYER. — *Munch med. Wochenschr.*, T. LVIII, p. 1.000, 1911.
- BENOIT. — Propriétés physiques et physiologiques des rayons infra-rouges. (*Rev. act.*, 1926, n° 1).
- Les rayons infra-rouges en thérapeutiques. (*Rev. act.* 1926, n° 1).
- BENOIT et HEILBRUNNER. — Traitement des radiodermites par les infra-rouges.
- BERGONIE et TRIBONDEAU. — *C. R. Acad. Sciences*, 1906, T. 143, p. 983.

- BEURMANN et GOUGEROT. — Evolution de la radiodermite chronique. (*Ann. de dermat.*, Paris 1905, 4^e série, VI, pp. 954, 1.096).
- BIANCANI (E. et H.). — Existe-t-il un antagonisme des radiations ? (*Première conférence internationale de la lumière*, Lausanne, 1928).
- L'antagonisme des radiations. (*Annales de l'Institut d'actinologie*, janvier 1929).
- BIENFAIT. — Traitement des radiodermites aiguës par les rayons infra-rouges. (*Jour. belge de rad.*, XV, 1936, n° 5, pp. 488-489).
- BORDIER. — Les radiodermites et leur traitement. (*Arch. élec. méd.*, T. XLI, p. 464).
- Cancer consécutif aux radiodermites. Leur évolution. Leur traitement. (*Paris Médical*, n° 5, février 1933).
- BROCKER. — Die Behandlung der Roentgenverbrennungen mit langwelligen Strahlen. (*Strahlenth.*, 1931, t. 42, p. 551.)
- CHAUMET. — Deux méthodes de polyradiothérapie par action synergique et par action antagoniste. (*Arch. élec. méd.*, août-sept. 1932, p. 339).
- L'action adjuvante des rayons infra-rouges et rouges en radiothérapie roentgénienne. (*Arch. élec. méd.*, févr. 1934).
- COXELLA. — *Riv. di biol.*, T. XII, pp. 93-117, 1930).
- DALONS et LASSERE. — Sur le processus histologique des radio-épithélites. Action des rayons sur l'épiderme normal. (*Ann. de dermat. et syph.*, 1905, p. 305).
- DANIEL (J.). — Depilatory action of the X ray. (*The medical record*, 1896, 49, p. 595).
- DARIER. — Accidents cutanés et viscéraux consécutifs à l'emploi des rayons X. (*C. R. Congrès inter. de méd. de Moscou*, IV, section 8, p. 459).
- La radiodermite ulcéreuse et ses lésions histologiques. (*Ann. dermat. et syph.*, 1912, p. 541).
- DAUSSET. — *Rev. actin.*, T. IX, pp. 387-396, 1933.
- DEGRAIS (P.). — Les radiodermites professionnelles et leur traitement. (*Paris Médical*, 1922, XLIX, pp. 293-299).

- DELHERM et LAQUERRIÈRE. — *Traité d'électro-radiologie*. Masson, 1938.
- DENIER. — Les infra-rouges permettant un surdosage roentgen-thérapeutique. (*Arch. élec. méd.*, T. XLI, 1933, pp. 435-436).
- DOGNON (A.). — *C. R. Soc. Biol.*, T. XC, 1924, p. 778.
- *C. R. Soc. Biol.*, T. XCIV, 1926, p. 466.
- DOGNON et PIFFAULT. — *C. R. Soc. Biol.*, T. CVII, 1931, p. 1.501.
- DRURY. — Dermatitis caused by Roentgen X ray. (*British. med. jour.*, 1896, p. 1.377).
- DUBRUELI. — Ulcère radiodermique. (*Ann. dermat. et syph.*, 1925, n° 3).
- DUFESTEL. — L'antagonisme des radiations et son importance en pratique actinologique. (*Rev. actin.*, n° 2, 1926).
- FISCHER. — *Strahlenther.*, T. XL, 1931, pp. 54-96.
- FOURNIER (E.) et BIANCANI (E. et H.). — Les bases physiques de la thérapeutique par les rayons infra-rouges. (*Rev. actin.*, avril-juin 1928).
- GAUSSEL et VILLA. — Un cas de radiodermite après une séance de radioscopie chez un tuberculeux pulmonaire. (*Montpellier médical*, 1922, XLIX, p. 157).
- GUILLAUME (A.-C.). — Les radiations lumineuses en physiologie et en thérapeutique, 1927. (Masson, éditeur).
- GUNSETT. — *Jour. de rad.*, T. XIV, 1920, n° 5, p. 294.
- HALKIN et LAPIÈRE. — Traitement curatif et préventif des radium et radiodermites par les rayons infra-rouges. (*Rev. actin. et physio.*, octobre 1928, n° 4, p. 427).
- JUENGLING. — Roentgenbehandlung chirurgischer Krankheiten, 1924. (Leipzig).
- KEATING-HART. — *Revue des agents physiques*, T. III, 1912, p. 1.205.
- KASSOLIAN. — Roentgen dermatitis its prevention and treatment. (*Jour. of advanced therap.*, T. XXVI, 1906, pp. 339-345).
- LACASSAGNE et HOLWECK. — Le problème des quantités en radiobiologie. (*Arch. Institut du radium de Paris. Vol. III*, fasc. 2).

- LAPIERRE. — Traitement des radiodermites aiguës par les rayons infra-rouges. (*Ann. Soc. med. chirg. de Liège*, T. LX, avril 1926).
- LION. — Zur Behandlung der Hautkrankheiten mit Roentgenstrahlen. (*Verh. der dent. dermat. Gesells.*, VII, Cong., 1901, pp. 50 et 438).
- LUDWIG FRITS et JULIUS VON REIS (Berne). — De l'antagonisme des rayons rouges et ultra-violets. (*Conférence internationale de la lumière, Lausanne*, 1929).
- MIESCHER. — Die histologie der akuten Roentgen dermatitis (Roentgenerythem) mit besonderer Berücksichtigung der Teilungsvorgänge. (*Arch. fur Derm. und Syph.*, 1925, 148, p. 540).
- MILANI. — Biologia e patologia delle radiazioni. Reazioni e alterazioni della pelle. (Perugia, Tipografia della Rivoluzione fascista, 1931).
- MOINARD. — Etudes sur les lésions cutanées dues au rayons X. (*Thèse de Paris*, 1933).
- MOPPET. — *Proc. Roy. Soc. Biol.*, T. CVII, 1930, pp. 293-301.
- NOGIER. — Radiodermite grave de la paroi abdominale consécutive à une radiographie rénale faite par un non médecin. (*Lyon médical*, T. CXXXI, 1922 pp. 905-907).
- NOIR. — Accidents cutanés aigus provoqués par les rayons de Roentgen. (*Progrès médical*, Paris, 1898, VIII, p. 5).
- NOBELLE, DE POTTER, VAN HEALST. — Action antagoniste des ultra-violets et des infra-rouges sur certaines espèces microbiennes. (*Premier congrès d'actinologie*, Paris, 1929).
- ODIN. — Accidents tardifs dus aux rayons X. (*Arch. élec. méd.*, sept. 1902).
- Radiodermites bénignes. *Soc. franç. élec.*, décembre 1903.
- ODIN, BARTHÉLEMY et DARIER. — Accidents cutanés et viscéraux consécutifs à l'emploi des rayons X. (*France médicale*, 1898, Fasc. 45, pp. 113, 129, 145, 162, 179).
- Recherches radiophysiologiques faites sur la peau de cobaye.
- PALMIERI. — Appunti di tecnica curieterapica, con speciale riguardo ai trattamenti associati con diverse lunghezze d'onda. (*Bull. d. Scienze med.*, 1931, T. 103, p. 138.)

- PAULI et IVANCEVIC. — Recherches sur l'absorption par la peau des rayons de grande longueur d'onde. (*Strahlentherap.*, 1927, T. 25, pp. 532-545).
- PECH. — L'antagonisme des radiations. (*Montpellier médical*, 1920).
- Action antagoniste de certaines radiations. (*C. R. Acad. des Sciences*, 25 mai 1920).
- L'antagonisme biologique des rayons infra-rouges et ultra-violets. (IV^e Congrès de thalassothérapie, avril 1925).
- PERRIN. — Les radiodermites destructives. (*Marseille médical*, T. XLIII, 1905, pp. 676-678).
- PETERSON et HELLMANN. — Les radiodermites tardives et leurs causes. (*Strahlenth.*, XI, p. 474).
- FICOT et AUBARET. — Dermatite provoquée par les rayons X. (*Journal médical de Bordeaux*, T. XXIX, 1899, p. 524).
- FIECHARD et LACHAPELE. — Radiodermites aiguës et chroniques. Notes cliniques et anatomo-pathologiques. (*Journ. méd. de Bordeaux*, T. LIV, 1924, pp. 40-46).
- RATTI. — *Lesioni da radiozioni*. (Relazione al X Congr. di Rad. Parma, 1932).
- RATTI et SILVESTRI. — Recherches expérimentales sur l'existence supposée d'un antagonisme entre rayons X et rayons infra-rouges. (*La radiologia medica*, janvier 1937).
- REGAUD (Cl.) et FERROUX. — *C. R. Soc. de Biol.*, T. XCVII, 1927, pp. 330 et 431.
- REGAUD (Cl.) et LACASSAGNE (A.). — Effets histophysiologiques des rayons de Roentgen et de Becquerel-Curie sur les tissus adultes des animaux supérieurs. (*Arch. Inst. du radium*, fasc. I, vol. I).
- REGAUD (Cl.) et NOGIER. — Les effets produits sur la peau par les hautes doses de rayons X sélectionnés par filtration à travers 3 et 4 millimètres d'aluminium. Application à la roentgenthérapie. (*Arch. élec. méd.*, 1913, 21, p. 49).

- RISLER et MONDAIN. — Sur la limite de l'action antagoniste du spectre et l'application des radiations de grande longueur d'onde au traitement des radiodermes et des néoplasmes. (*C. R. Acad. des Sciences*, 23 mars 1925).
- RIVIÈRE. — *Ann. élec. et rad.*, T. X, 1907, p. 717.
- SAIDMANN. — Rayons infra-rouges. Bases physiques de leur emploi et indications thérapeutiques. (*Ann. Inst. actin.*, avril 1928).
- SCHOLTZ. — Ueber der Einfluss der Roentgenstrahlen auf die Haut in Gesunden und Kranken Zustand. (*Arch. fur Derm. und. Syph.*, 59, 1902, pp. 87, 241, 421).
- SCOTT. — *Proc. Royal. Soc. Biol.*, T. CXII, 1933, pp. 365-383.
- SONNE. — Über einige physiologische Wirkungen den leuchtenden Strahlungen. (*Strahlentherapie*, 1926, Bd XXI).
- STEVENS (L.-G.). — Injurious effects on the skin. (*British. med. jour.*, p. 998, avril 1896).
- TARDY. — Spectromètre à infra-rouges. (*Ann. Inst. actin.*, Janv. 1926).
- TEDEANT et VIGNON. — Radiodermite après radiographie du bassin. (*Bull. de la Soc. méd. et biol. de Montpellier*, 22, 1921, p. 190).
- TRUCHARD. — Contribution à l'étude de l'influence des rayons X sur la peau. (*Thèse de Paris*, 1924).
- VAURABOURG. — Données pratiques sur les générateurs de rayons infra-rouges. (*Bull. Soc. rad. méd. de France*, juin 1927).
- VIVIANI MADZELEWSKA-RAY. — Contribution à l'étude des rayons infra-rouges. (*Thèse de Paris*, 1932).
- VLES (F.). — Cours de physique biologique, T. II, par Paul Reiss.
- WALTER. — Méthode de mesure des rayons infra-rouges. (*Bull. de la Soc. élec. rad.*, juin 1927).
- ZALEWSKI. — Les rayons infra-rouges. Propriétés physiques et leur emploi en thérapeutique. (*Thèse de Paris*, 1928).

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	13
Lésions cutanées produites par les rayons X..	19
Action biologique des rayons infra-rouges ..	27
Antagonisme des radiations	31
Expérimentation	37
Conclusions	53
Bibliographie	57

IMPRIMERIE SPECIALE DE LA LIBRAIRIE ARNETTE
